

# Predicție liniară

## Laborator 12, PSS

### Obiectiv

Studiul predicției liniare a semnalelor.

### Noțiuni teoretice

Predicția liniară reprezintă estimarea unui eșantion al semnalului  $x[n]$  ca o combinație liniară a  $N$  eșantioane precedente:

$$x[n] \approx a_1x[n-1] + a_2x[n-2] + \dots + a_Nx[n-N]$$

Semnalele care respectă (aproximativ) o astfel de relație se numesc “autoregresive” (AR).  $N$  reprezintă ordinul modelului autoregresiv.

În Matlab, funcția `lpc()` estimează coeficienții  $a_k$  (citiți documentația).

O metodă alternativă, mai exactă, este furnizată în funcția `lpc_exact()` împreună cu lucrarea de laborator.

### Exerciții

1. Se consideră sistemul descris de ecuația cu diferențe

$$y[n] = 0.8y[n-1] + x[n] + x[n-1],$$

unde  $x[n]$  este un proces aleator staționar cu medie 0 și autocorelație  $\gamma_{xx}[m] = \left(\frac{1}{2}\right)^{|m|}$

- a. Determinați densitatea spectrală de putere a ieșirii  $y[n]$ ;

- b. Determinați funcția de autocorelație a ieșirii,  $\gamma_{yy}[m]$ ;
- c. Determinați varianța  $\sigma_y^2$  a ieșirii.

## 2. Predicție liniară pe un semnal liniar

- Generați un semnal liniar crescător (cu pantă constantă), de lungime 200 eșantioane.

Folosiți de ex. notația `start:step:stop`

- Modelăm semnalul ca un proces autoregresiv de ordin 4, AR(4). Calculați coeficienții de predicție  $a_k$  cu funcția Matlab `lpc()`.
- Pe baza coeficienților de predicție, folosind relația de predicție, preziceți următoarele 200 eșantioane ale semnalului. Afișați întregul semnal rezultat (400 eșantioane)
- Generați același semnal crescător cu lungime 400 eșantioane direct cu formula inițială. Afișați pe aceeași figură semnalul acesta și semnalul precedent (2 x 400 eșantioane).

Ce calitate are porțiunea prezisă, comparativ?

- Utilizați funcția `lpc_exact()` în locul `lpc()`. Ce se observă ?
  - Schimbați ordinul modelului în AR(1), AR(2), AR(3), AR(10). Ce se observă ?
- Care este cel mai mic ordin pentru care predicția reușește?

## 3. Predicție liniară pe diverse semnale.

Repeți ex. precedent pentru un semnal de forma:

- Semnal exponențial:  $x[n] = (0.9)^n u[n]$ . Porniți de la un semnal de lungime 50, și estimați următoarele 50 eșantioane.
- Semnal sinusoidal:  $x[n] = 3 \cdot \sin(2 * \pi * f * n) u[n]$ ,  $f = 0.05$ . Porniți de la un semnal de lungime 50, și estimați următoarele 50 eșantioane.
- Sinusoidă exponențială:  $x[n] = 0.8^n \cdot \sin(2 * \pi * f * n) u[n]$ ,  $f = 0.2$ . Lungime 50 + 50
- Semnal sinusoidal atenuat:  $x[n] = \frac{\sin(2 * \pi * f * n)}{2 * \pi * f * n} u[n]$ ,  $f = 0.05$ . Porniți de la un semnal de lungime 50, și estimați următoarele 50 eșantioane.
- Semnal de tip zgomot alb gaussian (AWGN, generat cu `randn()`).  $x[n] = 0.8^n \cdot \sin(2 * \pi * f * n) u[n]$ ,  $f = 0.2$ . Lungime 500 + 100. Apoi lungime 20 + 100.
- Semnal de tip zgomot alb uniform (generat cu `rand()`).  $x[n] = 0.8^n \cdot \sin(2 * \pi * f * n) u[n]$ ,  $f = 0.2$ . Lungime 500 + 100. Apoi lungime 20 + 100.

- Semnal sinusoidal in zgomot alb:  $x[n] = 2 \cdot \sin(2\pi f n)u[n] + AWGN$ ,  $f = 0.05$ . Lungime 100 + 100.
  - Semnalul `mtlb` încărcat cu `load mtlb;`. Estimați următoarea secundă de semnal audio.
  - Primele 150 de eșantioane din semnalul `mtlb`. Estimați următoarea secundă de semnal audio.
4. Detectia vocii (Voice Activity Detector).
- Încărcați semnalul audio `data_slow.wav` (cu `audioread()`), afișați-l grafic și redați-l audio.
  - a. Utilizați funcția `buffer()` pentru a împărți semnalul în ferestre cu lungimea de aproximativ 25ms.
  - b. Modelați fiecare segment semnalul ca un proces aleator AR(12), și găsiți coeficienții liniari de predicție pentru fiecare segment.
  - c. Pentru fiecare segment, calculați energia coeficienților de predicție (suma coeficienților la pătrat). Afișați secvența de valori obținută.
  - d. De pe grafic, alegeți un prag convenabil pentru a diferenția segmentele de voce de cele de pauză.
  - e. Eliminați segmentele din semnal care sunt de pauză, și reuniți segmentele rămase într-un semnal întreg. Ascultați semnalul astfel obținut.
5. Repetați exercițiul anterior, dar adăugând peste semnalul inițial zgomot AWGN. Până la ce nivel de zgomot se obțin rezultate bune?
6. Incărcați imaginea `lena512.bmp`. Transformați în 0 valorile de pe liniile 20 : 30, coloanele de la 100 la 150.

Refaceți imaginea în felul următor: pentru fiecare linie separat, modelați primele 100 eșantioane cu un proces AR(10), apoi estimați cele 50 valori lipsa care urmează.

Afișați imaginea astfel obținută.

## Întrebări finale

1. TBD